

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы(НОЦ) отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ СРЕДСТВАМИ ПИРОЛИЗА

УДК 681.586.001.63:665.642

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Рыбин Ю.К.	С.Н.С. Д.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Спиридонова А.С.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин А.В.	доцент К.Т.Н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
Универсальные компетенции	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально–экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы(НОЦ) отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения весенний семестр 2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Рыбин Ю.К.	с.н.с. д.т.н.		

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин А.В.	доцент к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и
производств»
Отделение школы(НОЦ) отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Воронин А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Т41	Говорухин Семен Владимирович

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы переработки углеводородсодержащих
отходов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(

Объект исследования: Установка холодного
пиролиза.
Цель работы: Повышение качества процессов и
обеспечение экономической выгоды.
Режим работы: циклический.
Сырьё: углеводородсодержащие отходы.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритма контроля уровня в буферной ёмкости;
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-13; структурная схема; схема соединения внешних проводок; экранные формы; алгоритм поддержания уровня масла в буферной емкости;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Рыбин Ю.К.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.	Оклады участников проекта, районный коэффициент по г. Томску, ставка НДС – 20%, ставка социального налога – 30%.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Определение структуры и трудоёмкости работ, разработка графика проведения, планирование бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	

Перечень графического материала:

1. Линейный график работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОСГН, ШБИП)	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Рабочей зоной является установка низкотемпературного пиролиза. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров установки низкотемпературного пиролиза.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. 2. СанПиН 2.2.4.548-96. 3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. 5. ГОСТ 31192.2-2005. 6. СанПиН 2.2.4.3359-16. 7. ГОСТ Р 12.1.038-82. 8. СНИП 2.11.03-93.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	Вредные факторы: – Отклонение показателей микроклимата. – Недостаточная освещенность. – Повышенный уровень шумов на рабочем месте. – Электромагнитные излучения. Опасные факторы: – Электрический ток. – Пожар.
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Говорухин Семен Владимирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 19 рисунков, 10 таблиц, 19 источника литературы, 4 приложения.

В данной работе выполнено исследование и анализ установки холодного пиролиза углеводородсодержащего сырья. **Целью** является проектирование установки переработки углеводородсодержащего сырья средствами пиролиза для повышения качества процессов и обеспечение экономической выгоды. Основными поставленными задачами во время проектирования установки стали: изучение технологического процесса, создание математической модели пиролизной установки, разработка функциональной схемы автоматизации, выбор средств реализации, разработка схемы внешних проводок.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2016, Matlab R2017b.

Ключевые слова: пиролиз, углеводородсодержащие отходы, газ, вода, SCADA-система, PID-регулятор, АСУТП, экранные формы.

Содержание

Определения, обозначения и сокращения	11
Введение.....	13
1. Моделирование пиролизной установки.....	14
1.1 Описание технологического процесса.....	14
1.1.1 Загрузка реактора.....	15
1.1.2 Первичный нагрев.....	15
1.2.3 Конденсатор.....	16
1.1.4 Сепаратор.....	16
1.1.5 Система учёта пиролизной жидкости в буферной ёмкости	17
1.1.6 Сжигание пиролизного газа.....	17
1.1.7 Недостатки в работе ПУ.....	18
1.2 Математическое моделирование	18
1.2.1 Реактор газовая горелка	18
1.2.1 Буферная ёмкость.....	21
1.2.2 Регулирование давления	24
2 Разработка АСУ ТП ПУ.....	25
2.1 Разработка структурной схемы автоматизированной системы	25
2.2 Функциональная схема автоматизации	26
2.3 Разработка системы кодировки сигналов.....	26
2.4 Выбор средств реализации АСУ ТП ПУ	29
2.4.1 Выбор контроллерного оборудования.....	29
2.4.2 Выбор датчики температуры	30
2.4.3 Выбор датчика давления	32
2.4.4 Датчик пламени.....	33
2.4.5 Датчик уровня	33
2.4.6 Выбор исполнительных механизмов	34
2.5 Разработка схемы внешних проводок.....	36
2.6 Выбор алгоритмов управления АС	37
2.6.1 Алгоритм сбора параметров	37
2.6.3 Экранные формы АС.....	37
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	40
3.1 Организация и планирование работ.....	40
3.2 Продолжительность этапов работ	42

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	46
3.3.1 Расчет материальных затрат	46
3.3.2 Расчет заработной платы.....	46
3.3.3 Расчет затрат на социальный налог	47
3.3.4 Расчет затрат на электроэнергию	47
3.3.5 Расчет амортизационных расходов.....	48
3.3.6. Расчет прочих расходов	50
3.3.7. Расчет общей себестоимости разработки.....	50
3.3.8. Расчет прибыли	50
3.3.9. Расчет НДС	51
3.3.10 Цена разработки НИР.....	51
3.4 Оценка экономической эффективности.	51
4. Социальная ответственность	52
4.1. Введение.....	52
4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	52
4.3. Производственная безопасность.	53
4.4. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	54
4.4.1. Отклонение показателей микроклимата.....	54
4.4.2. Недостаточная освещенность	56
4.4.3. Повышенный уровень шума	57
4.4.4. Повышенный уровень вибрации	57
4.4.5. Электромагнитное излучение.....	58
4.4.6. Электробезопасность.....	59
4.4.7. Экологическая безопасность	60
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
4.5.1. Пожарная безопасность.....	61
4.6. Выводы по разделу	63
Заключение	64
Список используемых источников.....	65
Приложение А Техническое задание	67
Приложение Б Функциональная схема.....	72
Приложение В Схема внешних проводок	73
Приложение Г Алгоритм сбора данных	74

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Комбинирование управляемого объекта и автоматических устройств, в которой часть управления выполняет человек.

интерфейс: Логическая и (или) физическая граница между устройством и средой передачи информации.

пиролиз: Разложение органических соединений на составляющие менее тяжёлые молекулы или химические элементы под действием повышенной температуры и без доступа кислорода.

технологический процесс (ТП): Это последовательность связанных действий, которые выполняются с того момента, как возникли исходные данные и до требуемого результата.

мнемосхема: Сигнальные устройства и сигнальные изображения оборудования и связей контролируемого объекта, размещаемых на операторских пультах, операторских панелях или на ПК.

реактор пиролиза: Оборудование, в котором происходит распад органических соединений под действием повышенной температуры и без доступа кислорода.

архитектура АС: Это абстрактное её представление, включающее идеальные модели компонентов системы. Также модели взаимодействий между компонентами.

SCADA: Аппаратно-программные компоненты АСУ ТП, которые обеспечивают взаимодействие пользователя с системой.

ОРС-сервер: Сервер, который обеспечивает запись и чтение данных между клиентской программой и физическими устройствами.

протокол: Правила, управляющие обменом информацией. Определяет форму (семантику и синтаксис) сообщений.

программируемый логический контроллер (ПЛК): Это программно управляемый дискретный автомат, имеющий множество входов, подключенных с помощью датчиков к объекту управления. Также имеющий множество выходов, подключенных к исполнительным устройствам.

В данной работе применены следующие сокращения:

ПУ – пиролизная установка;

АС – автоматизированная система;

ОУ – объект управления;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ИУ – исполнительное устройство;

СИ – средства измерения;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

КВВГЭнг – кабель контрольный в виниловой двойной изоляции, не лакированный, экранированный, не горючий.

Введение

В данной квалификационной работе рассматривается процесс внедрения ряда автоматизированных решений для пиролизной установки переработки углеводородсодержащих отходов. В наше время использование автоматизированных систем позволяет увеличить эффективность технологического процесса, предотвратить аварии, а также оптимизировать контроль над самим процессом.

В процессе анализ не автоматизированного технологического процесса пиролизной установки были выявлены следующие недостатки: отсутствие удалённого контроля, мониторинга и логирования протекающего процесса, отсутствие стабилизации питания газовой горелки, контроль уровня и расхода пиролизной жидкости в буферной ёмкости.

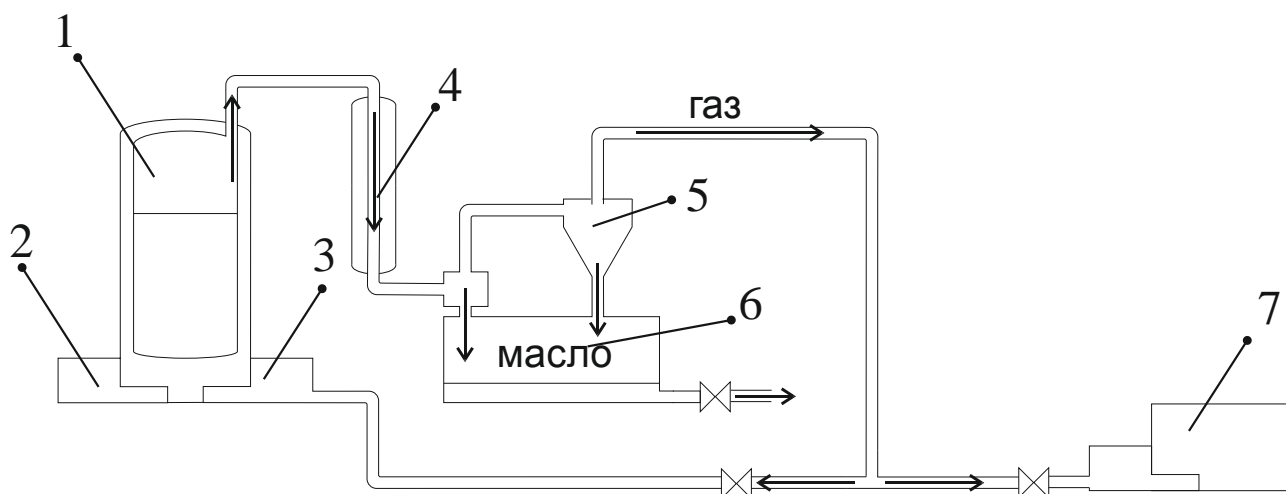
Во время решения задач, планируется построить функциональную и структурную схему автоматизации, выбрать средства реализации автоматизированной системы, разработать математические модели некоторых переходных процессов.

1. Моделирование пиролизной установки

1.1 Описание технологического процесса

Пиролизная установка (ПУ) переработки углеводородсодержащих отходов является универсальным технологическим объектом, на котором происходит утилизация отходов производств химической и нефтедобывающей промышленности.

Основное назначение ПУ состоит в том, чтобы под действием температуры и отсутствием избытка кислорода утилизировать отходы и получить жидкие фракции углеводородов и углеродистый остаток (технический углерод). Схема пиролизной установки представлена на рисунке 1.1.



1 – пиролизный реактор; 2 – масляная горелка; 3 – система дожигания пиролизного газа в печи реактора (газовая горелка); 4 – проточный холодильник; 5 – газосепаратор циклонного типа; 6 – буферная ёмкость; 7 – система дожигания пиролизного газа вне печи реактора.

Рисунок 1.1 – Схема пиролизной установки

Технологический процесс на ПУ разделяется на 9 стадий:

- загрузка пиролизного реактора;
- нагрев реактора по средствам масляной горелки до температуры протекания реакции;
- конденсация пиролизной жидкости в проточном холодильнике;
- сепарация пиролизного газа;

- отбор пиролизной жидкости;
- поддержание реакции за счёт сжигания пиролизного газа;
- окончание реакции;
- остывание реактора;
- выгрузка углеродосодержащего сырья из реактора.

1.1.1 Загрузка реактора

Загрузка углеводородсодержащих отходов (отработанные масла, загрязнённая нефтепродуктами почва, отработанные автомобильные покрышки, отходы обувной промышленности и т.д.) происходит в контейнер, после чего контейнер устанавливается в печь, в зависимости от конфигурации самого реактора можно рассматривать вертикальную и горизонтальную загрузку. Реактор герметично закрывается крышкой.

Изображение пиролизного реактора горизонтального исполнения представлено на рисунке 1.2.

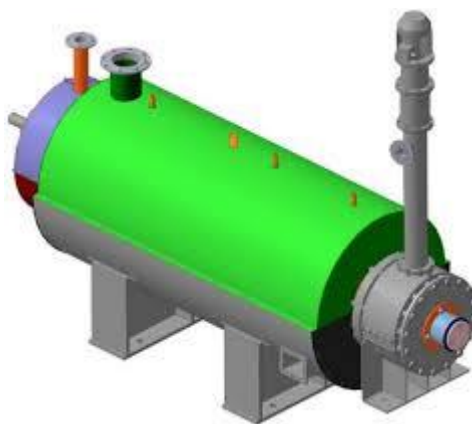


Рисунок 1.2 – Пиролизный реактор горизонтального типа

1.1.2 Первичный нагрев

После загрузки реактора необходимо выйти на рабочую температуру реакции, она начинается от 265 °С. Температура при которой происходит максимальное термическое разложение находится в интервале от 375 до 400 °С.

Первичный нагрев происходит с помощью масляной горелки Бабингтона. Выбор конструкции Бабингтона оправдан тем, что топливо для данной горелки может не проходить тонкую очистку, что позволяет использовать пиролизную

жидкость. Из особенностей функционирования горелки данной конструкции можно выделить необходимость непрерывной подачи воздуха, при давлении 200 кПа и температуру масла 70 °С. Схема конструкции горелки Бабингтона изображена на рисунке 1.3.

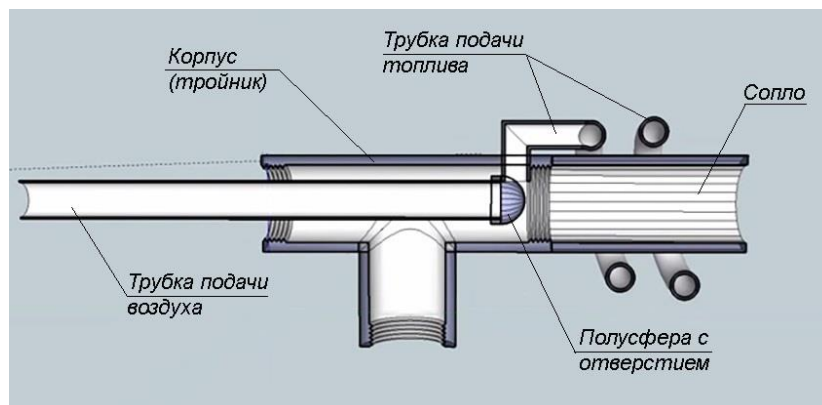


Рисунок 1.3 – Горелка конструкции Бабингтона

1.2.3 Конденсатор

После выхода на температуру реакции начинает активно выделяться пиролизный газ, который охлаждается в проточном конденсаторе и уже в виде жидкости стекает в буферную ёмкость.

Конструкция теплообменника с плавающей головкой представлена на рисунке 1.4.

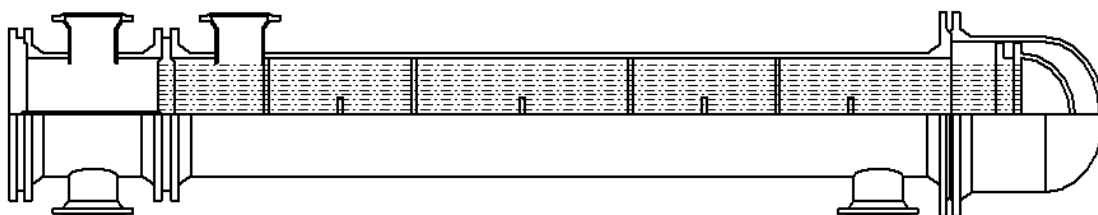


Рисунок 1.4 – Теплообменник с плавающей головкой

1.1.4 Сепаратор

Газ, который не конденсируется при данных условиях, поступает в циклонный сепаратор, где теряет большую часть взвешенной жидкости, после

чего проходит гидрозатвор (препятствует попаданию воздуха в систему) и идёт на сжигание. Схематическая схема циклонного сепаратора представлена на рисунке 5.

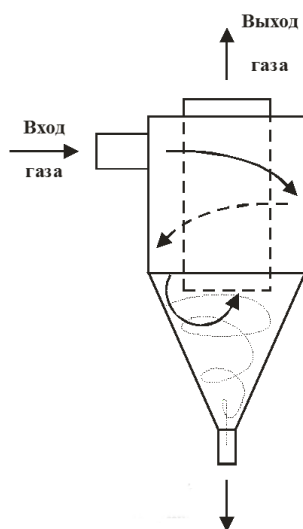


Рисунок 1.5 – Сепаратор газовый циклонного типа

1.1.5 Система учёта пиролизной жидкости в буферной ёмкости

В буферной ёмкости учитывается и контролируется уровень пиролизной жидкости, учёт объёма выработанной жидкости происходит за счёт просчёта изменения уровня при её сливе в основную ёмкость хранения и дебете после конденсации. Не допускается полное опорожнение буферной ёмкости до окончания процесса пиролиза, во избежание захвата воздуха в систему, избыток которого может привести к не стабильной работе газовой горелки.

1.1.6 Сжигание пиролизного газа

Выработанный в процессе реакции газ не подлежит дальнейшей очистки и хранению. После выхода на стабильный уровень работы газ поступает в печь реактора, где сжигается, в свою очередь масляная горелка глушится, и система выходит на автономный уровень работы.

Избытки газа утилизируются путём сжигания в отдельных печах, котельных отопительных систем или на других пиролизных установка, которые не вышли на рабочий автономный режим.

1.1.7 Недостатки в работе ПУ

Во время работы установки может произойти избыточное выделение пиролизного газа, что приведёт к повышению давления в системе, которое в свою очередь может привести к нестабильной работе дожигания газа.

В рамках данной работы будет разработана АС всего технологического процесса с учётом измерения и контроля давления газа, его перенаправления на дожигание в резервную печь.

1.2 Математическое моделирование

1.2.1 Реактор газовая горелка

Одной из основных особенностей пиролизной установки является её автономность.

После выхода процесса разложения углеводородсодержащего сырья на стабильный уровень протекания реакции, происходит выделение горючего газа, который используется для поддержания температуры реакции с помощью газовой горелки реактора.

Главной характеристикой газовой горелки является её тепловая мощность Q_G , кВт:

$$Q_G = Q_H^C \cdot V_G, \quad (1.1)$$

где Q_H^C – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/нм³;

V_G – расход газа через горелку, м³/с.

Из ГОСТ 22667-82 «Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе» возьмём низшую теплоту сгорания газа среднюю от метана до октана (35,88 – 227,76) МДж/нм³, а именно 133820 кДж/нм³, так как этот газ возьмём за газ, который вырабатывается при пиролизной реакции.

Формула расхода газа через горелку, представлена ниже:

$$V_G = \frac{Q_{Oy}}{Q_H^C \cdot N \cdot \eta}, \quad (1.2)$$

где Q_{ov} – номинальная тепловая мощность огнетехнической или теплосиловой установки, кВт;

N – число принимаемых к установке однотипных горелок с одинаковым расходом газа;

η – КПД установки.

Составим функцию газовой горелки в Matlab R2017b, представлена на рисунке 1.6:

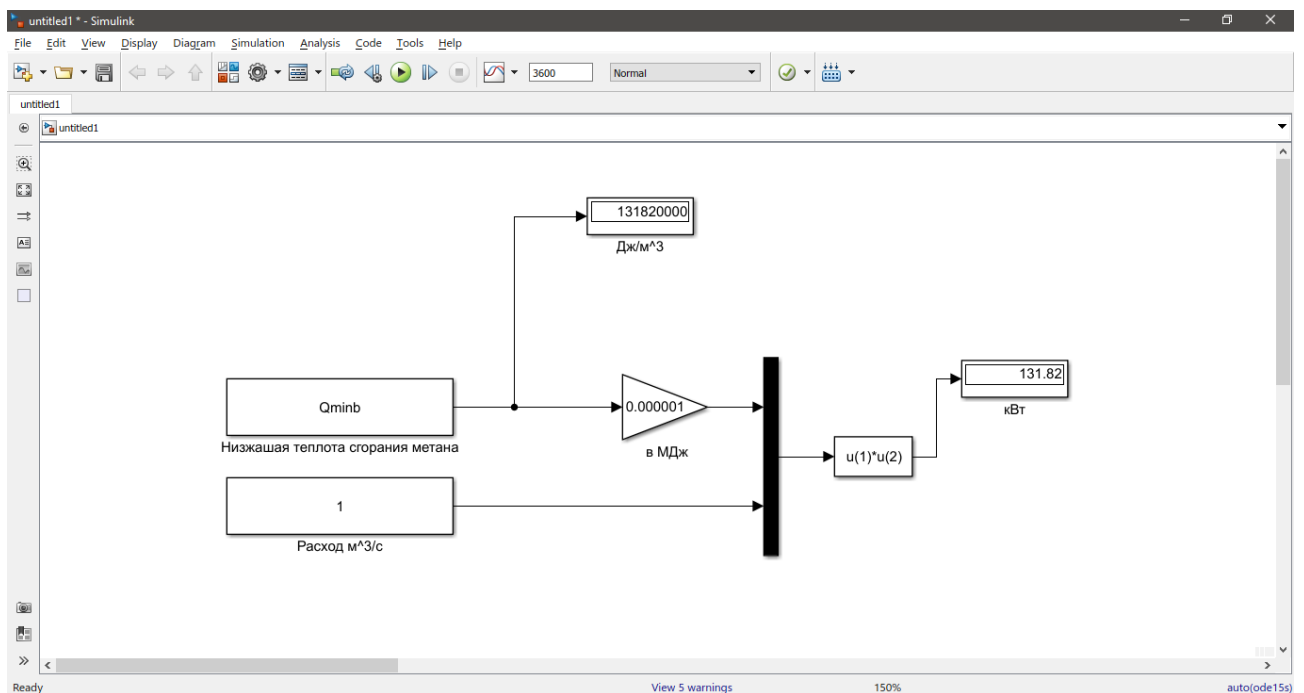


Рисунок 1.6 – Горелка газовая в Matlab R2017b

В рамках данной модели опустим момент изменения теплоёмкости вещества при изменении агрегатных состояний. Общая формула изменения температуры системы:

$$Q = cm\Delta T, \quad (1.3)$$

где Q – количество теплоты, Дж;

c – удельная теплоёмкость вещества Дж/(кг*град);

m – масса вещества, кг;

ΔT – изменение температуры.

Общий объём реактора составляет 4 м³, загрузка производится в пределах 3000 кг. Удельная теплоёмкость резины составляет 1300 Дж/(кг*град). Реакция пиролиза протекает при температуре до 480 °С, предположим, что температура

окружающей среды составляет 20 °С. Время нагрева до 450 °С не должно превышать более чем 8 часов. Коэффициент полезного действия составляет 0,1. Рассчитаем мощность газовой горелки:

$$Q = 1300 \cdot 3000 \cdot 430 = 1677000000 \text{ Дж},$$

$$Q_{ov} = 1677000000 / 28800 = 58229,16 \text{ Дж/с} = 58,229 \text{ кВт},$$

$$V_r = \frac{58,229}{133820 \cdot 1 \cdot 0,1} = 0,0043 \text{ м}^3/\text{с} = 4,3 \text{ л/с}.$$

В результате пиролиза получались следующие продукты: пиролизный газ – до 3 %; жидкие продукты – до 50%; твердый остаток – до 47 %. Соответственно от 3000 кг общей массы – 90 кг газа, 1500 кг жидкости и 1410 кг твёрдого остатка. Плотность жидкой фракции примем за 750 кг/м³, а газообразной за 0,7 кг/м³. Получим ожидаемый объём жидкости 2 м³, газа 128,57 м³.

Рассмотрим функции изменения температуры, а также дебетов газа и жидкости по следующим графикам, представленным на рисунке 1.7:

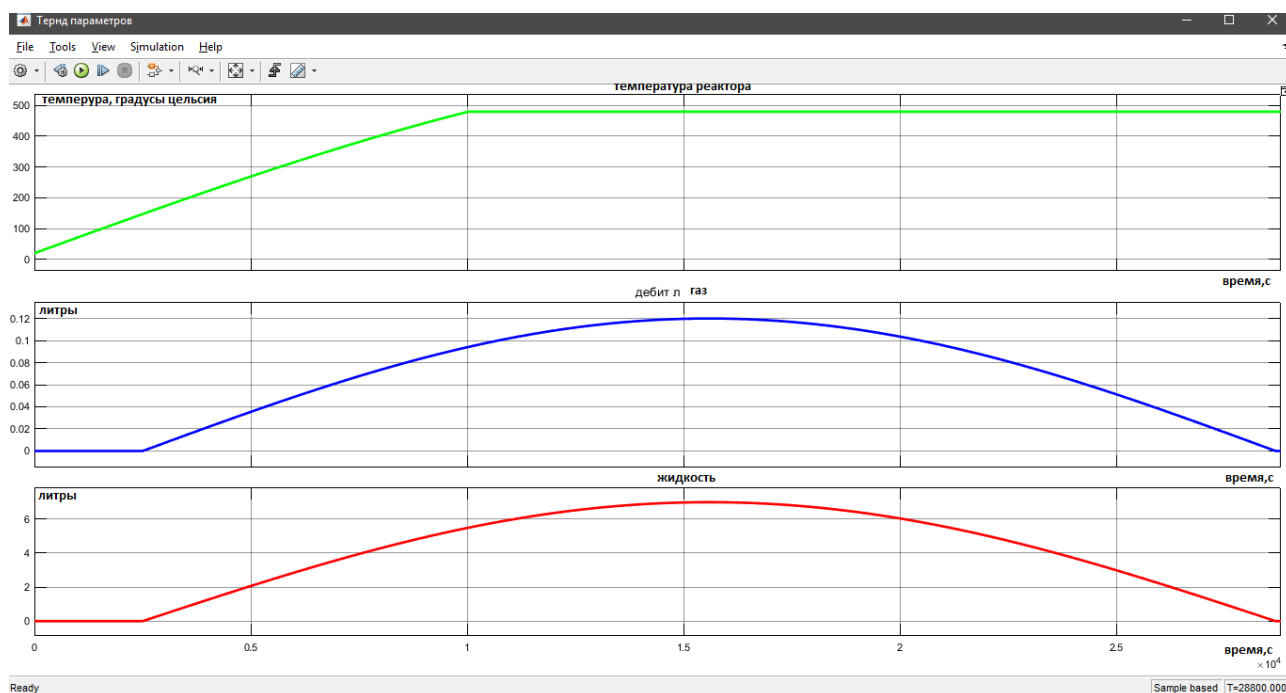


Рисунок 1.7 – Графики изменения параметров

Исходя из вышенаписанного, необходимо снимать показания о температуре реактора и о наличии пламени в его печи.

1.2.1 Буферная ёмкость

Пиролизная жидкость может составлять до 60% от всей массы перерабатываемого сырья. После конденсации в проточном холодильнике пиролизная жидкость поступает в буферную ёмкость, которая имеет форму цилиндра, 0.45 м в высоту и радиусом основания 0.5 м. Необходимы уровень пиролизной жидкости удерживается на отметке 0.3 м.

Прямое регулирование уровня не рассматривается, так как при непрерывном измерении уровня жидкости можно рассчитать её расход.

Уровень регулируется клапаном. Для формирования закона управления составим следующую последовательность изменения величин:

- 1) высота подъёма штока плунжера клапана;
- 2) максимальный объёмный расход при заданной высоте плунжера;
- 3) объём жидкости, вытекающий из буферной ёмкости;
- 4) высота жидкости в буферной ёмкости.

Рассмотри клапан, имеющий линейный закон изменения расхода (1.4):

$$\Phi = \Phi_0 + m * h, \quad (1.4)$$

где Φ_0 – относительный коэффициент расхода, численно равен 0,0183;

m – кривизна характеристики, численно равна 0,9817,

h – ход плунжера.

Максимальная пропускная способность клапана (2) зависит от условной пропускной способности и расходной характеристики:

$$K_{V_{\max}} = K_{VY} * \Phi, \quad (1.5)$$

где K_{VY} – условная пропускная способность клапана, $\text{м}^3 / \text{ч}$.

Рассмотрим клапан с условной пропускной способностью $K_{VY} = 6,3 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Воспользуемся РТМ 108.711.02–79 [4] выразим максимальный объёмный расход клапана (1.6) через формулы (1.4) и (1.5).

$$Q_{\max} = \frac{K_{V_{\max}}}{10^{-2} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} = \frac{K_{VY} * \Phi}{10^{-2} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}} = \frac{K_{VY} * (0,0183 + 0,9817 * h)}{10^{-2} * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}}, \quad (1.6)$$

где ρ – плотность регулируемой среды, в рамках работы выбрана $\rho = 730 \text{ кг/м}^3$;

ΔP – перепад давления.

Объём получим, взяв производную от расхода клапана (4).

$$V = Q'_{\max}. \quad (1.7)$$

Буферная ёмкость представляет собой цилиндр, соответственно отношение высоты к объёму можно выразить через уравнение объёма цилиндра (5).

$$h_y = \frac{V}{\pi r^2}, \quad (1.8)$$

При моделировании учтём некоторые величины и особенности: атмосферное давление примем как 101 кПа, плотность газа составляет $0,7 \text{ кг/м}^3$, плотность жидкости 750 кг/м^3 , молекулярная масса газа составляет 25 г/моль , общий объём системы составляет 3000 л, определим, что буферная ёмкость при старте системы будет пустой, давление газа и дебит жидкости в системе изменяется в соответствии с рисунком 1.7.

Определим закон изменения давления газа в системе, в соответствии с его поступающей массой, для этого рассмотрим закон Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M} RT, \quad (1.9)$$

где P – давление, Па;

m – масса вещества, г;

M – молярная масса вещества, г/моль;

T – температура вещества, К;

V – объём вещества, м^3 ;

R – газовая постоянная, $8.314472 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / (\text{моль} \cdot \text{К})$.

Исходя из формулы 1.9 рассчитаем какое давление создаст 90 кг газа в 3 м^3 пространства при температуре 50°C .

$$P = \left(\frac{m}{M} RT \right) / V = \left(\frac{90000}{25} * 8,314 * 323 \right) / 3 = 3222506,4 \text{ Па}.$$

Общий вид системы автоматического регулирования уровня пиролизной жидкости в буферной ёмкости представлена на рисунке 1.8

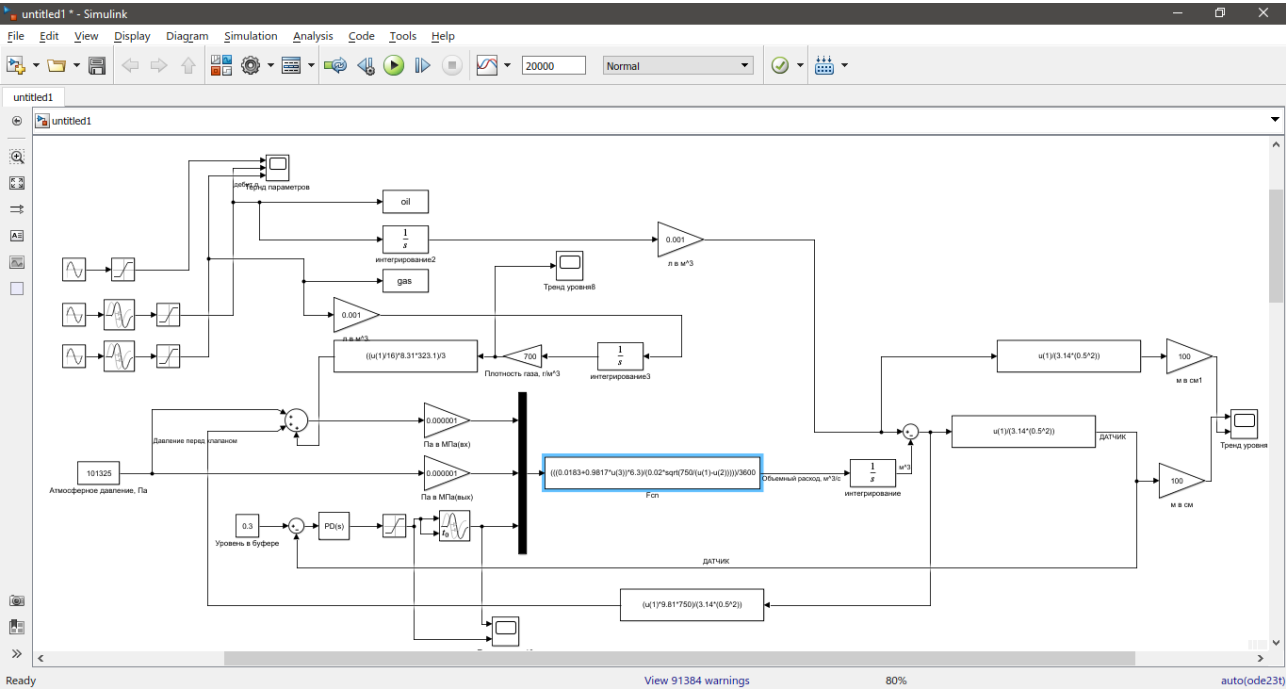


Рисунок 1.8 – Система автоматического регулирования уровня пиролизной жидкости в буферной ёмкости

Параметры настройки ПД-регулятора приведены в таблице 1.1.
Таблица 1.1 – Значения коэффициентов ПД регулятора уровня жидкости

П	-200
Д	0.1

Скорость изменения высоты штока плунжера составляет 1 мм/с, а его высота подъёма может достигать 20 мм. Реализация данного механизма представлена на рисунке 1.9.

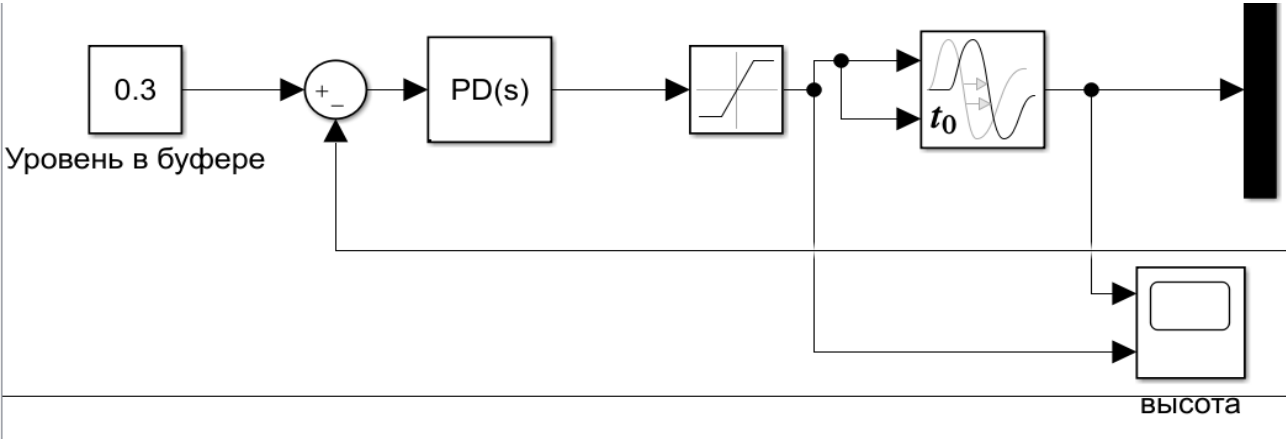


Рисунок 1.9 Ограничения исполнительного механизма

На рисунке 1.10 представлен переходный процесс регулирования уровня жидкости и дебит жидкости в буферную ёмкость.

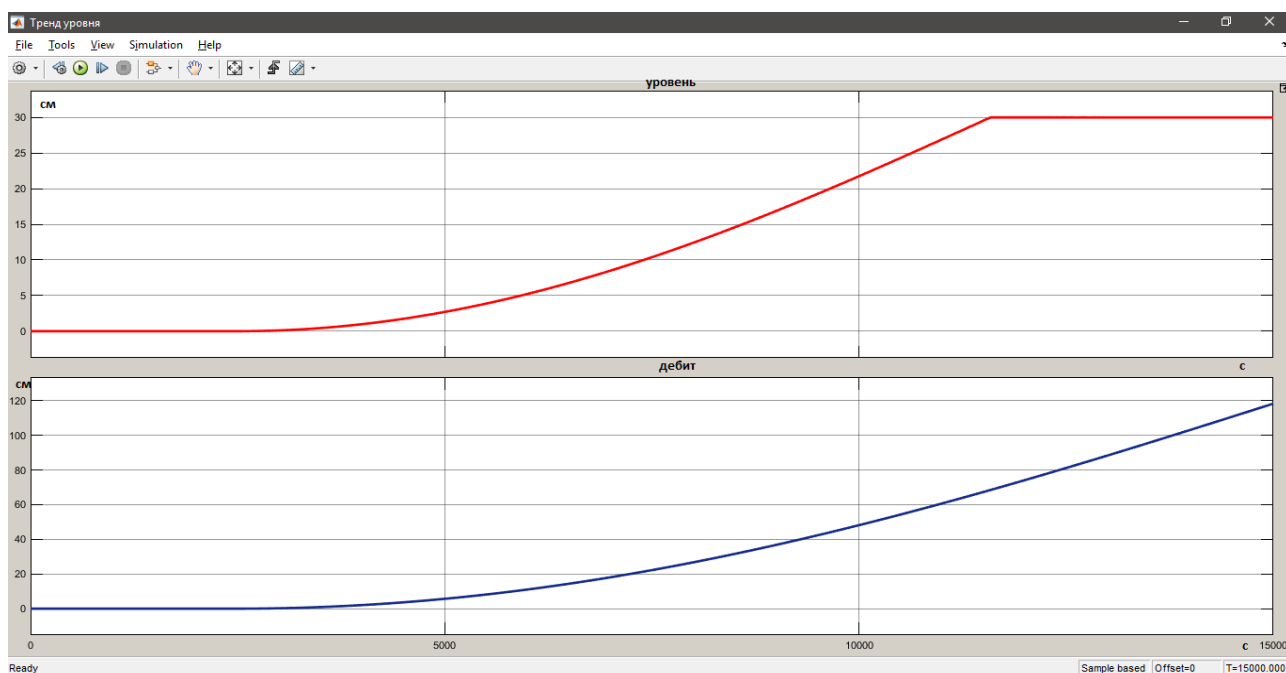


Рисунок 1.10 Переходный процесс регулирования уровня, дебит жидкости

1.2.2 Регулирование давления

Так как в системе может генерироваться избыточное количество газа, исходя из следствия расчёта по формуле 1.9, необходимо разработать автоматизированную систему контроля уровня давления. Также как и при регулировании уровня основные законы вытекают из формул 1.6 и 1.9.

На рисунке 1.11 представлена математическая модель системы регулирования давления.

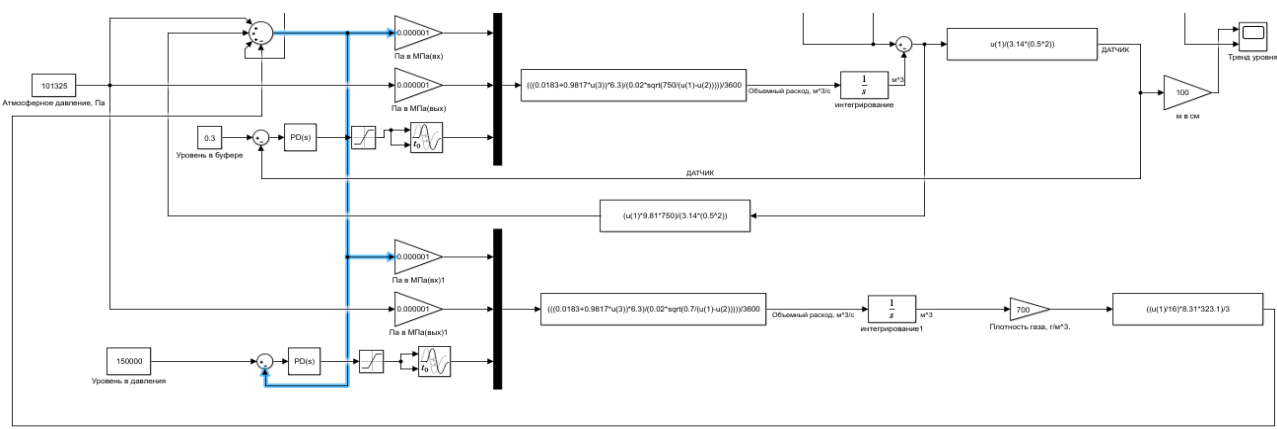


Рисунок 1.11 – Математическая модель системы регулирования давления

2 Разработка АСУ ТП ПУ

2.1 Разработка структурной схемы автоматизированной системы

Объектом управления является пиролизная установка. В соответствии с техническим заданием, представленном в приложении А, разработаем систему автоматизированного управления технологическим процессом.

Рассмотрим трёх уровневую систему автоматизации, представленную на рисунке 2.1, так как данная реализация позволяет получить надёжную масштабируемую систему.

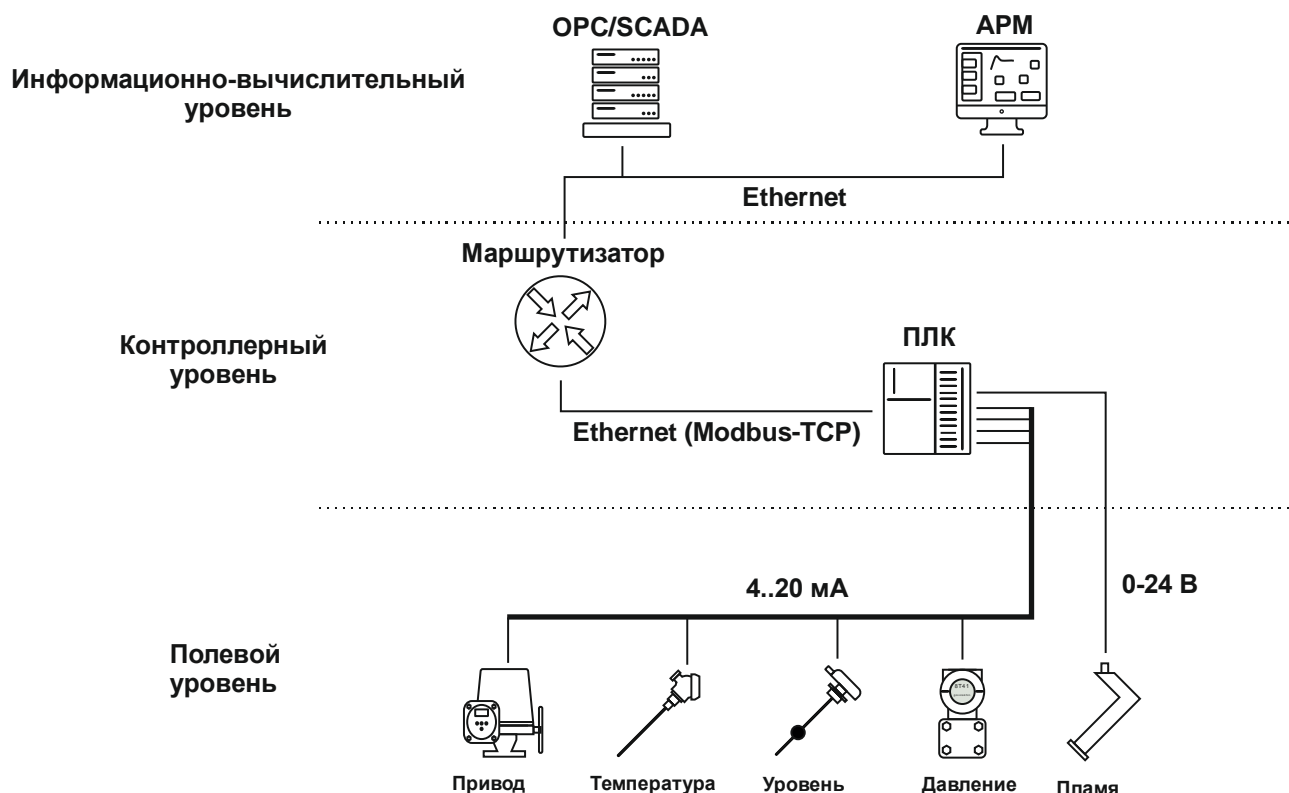


Рисунок 2.1 – Трёх уровневая система автоматизации

Первый (полевой) уровень представлен датчиками: температуры, давления, оптическими датчиками определения горения, датчиком определения уровня пиролизной жидкости и исполнительными устройствами.

Второй (контроллерный уровень) представлен программируемым логическим контроллером (ПЛК) с портами ввода\вывода, который подключен к внутренней локальной сети средствами маршрутизатора.

Третий (информационно-вычислительный) уровень представлен рабочей станцией (сервером) на которой установлен OPC-сервер и SCADA.

Контроллер получает данные с полевого уровня, производит их анализ, на основании этих данных производит автоматическое регулирование и управление, а также передаёт данные на третий уровень иерархии, где происходит регистрация и логирование данных.

2.2 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Функциональные схемы автоматизации технологического процесса по ГОСТ 21.208-2013 [5] и в приложении Б.

2.3 Разработка системы кодировки сигналов

Со среднего уровня системы автоматизации данные передаются средствами ЛВС по протоколу Modbus TCP.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- наличие пламени в печи пиролизного реактора;
- температура среды в пиролизном реакторе, °C;
- давление на входе в конденсатор, КПа;
- температура воды в проточном конденсаторе, °C;
- температура газа после циклонного газосепаратора, °C;
- давление газа после циклонного газосепаратора, КПа;
- степень закрытия клапана газа, %;
- степень закрытия клапана буферной емкости, %.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид: AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где:

AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- PRS – давление;

- TEM – температура;
- LEV – уровень;
- BU – горение;

BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- R – реактор;
- GS – газосепаратор;
- TAN – буферная ёмкость;
- BO – котёл реактора;
- CON – проточный холодильник;

CCCC – уточнение, не более 4 символов:

- OIL – масло;
- GAS – газ;
- WATR – вода;

DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- REG – регулирование;
- ALARH – верхняя предупредительная сигнализация;

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_R_GAS	давление после реактора
PRS_R_GAS_ALARH	предельное давление
TEM_R_GAS	температура в реакторе
TEM_R_GAS_ALARH	предельная температура в реакторе
TEM_CON_WATR	температура воды в конденсаторе
TEM_TAN_OIL	температура масла в буферной ёмкости
LEV_TAN_OIL	уровень масла в буферной ёмкости

LEV_TAN_OIL_REG	регулирование уровня масла в буферной ёмкости
PRS_GAS	давление после сепаратора
PRS_BO_GAS	давление перед газовой горелкой реактора
PRS_BO_GAS_REG	регулирование давления перед газовой горелкой реактора
BU_BO	горение в печи реактора
LEV_TAN_OIL	уровень масла в буферной ёмкости
LEV_TAN_OIL_REG	регулирование уровня масла в буферной ёмкости

2.4 Выбор средств реализации АСУ ТП ПУ

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта автоматизированной системы является выбор компонентов автоматизированной системы, анализ их характеристик и совместимости.

Программно-технические средства включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе, представлены датчиками. Исполнительные устройства преобразуют управляющий сигнал в исполнительный для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.4.1 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования автоматизированной системы пиролизной установки необходимо выбрать контроллерное оборудование, в качестве которого выступает программируемый логический контроллер (ПЛК). Выбор осуществим между Siemens S7-300 и ОВЕН ПЛК154- 220.Y-M так как они распространены и доступны на территории Российской Федерации. Основные характеристики ПЛК приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристики ПЛК

Наименование	Время выполнения операции	Дискретный ввод/вывод	Аналоговый ввод/вывод	Рабочая температура	Цена CPU
Siemens CPU S7- 312	от 0,1 мкс. до 1,1 мкс.	-	-	от минус 40°С до 70°С	от 27000р.
ОВЕН ПЛК154- 220.Y-M	от 250 мкс. до 1 мс.	4/4	4/4	от минус 10°С до 55°С	от 21480р

В расчёт цены не рассматриваем стоимость программного обеспечения и цену периферийных плат.

Исходя из характеристик выберем Siemens S7- 300, хотя его цена выше и стоимость программного обеспечения значительна, его стабильность, удобство и скорость перекрывают недостатки цены. Siemens S7- 300 представлен на рисунке 2.2. Данный контроллер имеет модульную структуру, соответственно устраивает требованию масштабирования.



Рисунок 2.2 – Контроллер Siemens S7-300

Рассмотрим 2 периферийных модуля ввода/вывода:

- SM 334;
- BMX AMM 0600.

Модуль ввода/вывода аналоговых сигналов SM 334 имеет 4 входа и 2 выхода, в рамках выпускной квалификационной работы необходимо задействовать 9 аналоговых входа и 2 выхода, необходимо задействовать 4 модулей SM 334 с учётом 20 % резерва интерфейсов.

Модуль ввода/вывода дискретных сигналов BMX AMM 0600 имеет 16 входов и 16 выходов, в рамках выпускной квалификационной работы необходимо задействовать 2 дискретных входа из данной информации необходимо использовать 1 модуль BMX AMM 0600, с учётом резерва в 20 %.

2.4.2 Выбор датчики температуры

Для отслеживания температуры протекающего процесса пиролиза в реакторе, а также реакции на критически высокую температуру, необходимо выбрать датчик температуры. Сравнительные характеристики датчиков приведены в таблице 2.3. Температура протекания пиролиза может достигать

500 °С, относительная погрешность измерений не должна превышать 0,5 %, данный параметр будет основополагающим при выборе.

Таблица 2.3 – Характеристики датчиков температуры

Наименование	Диапазон измерений	Тип сенсора	Выходной сигнал постоянного тока	Погрешность измерений	Степень защиты	Цена
Метран-271	от минус 40 до 600 °С	Pt100	(4-20) мА	± 0,5 %	IP66	от 4200р
Rosemount 0065	от минус 50 до 600 °С	Pt100	(4-20) мА /HART	± 0,02 %	IP68	от 22 000р
ДТС405М-PT100	от минус 50 до 500 °С	Pt100	(4-20) мА	± 0,5 %	IP66	От 3800р

Исходя из представленных характеристик выберем датчик Метран-271, так как его предельные измерительные температуры больше на 100 °С, чем у ДТС405М-PT100, а цена не отличится существенно, изображение датчика представлено на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Метран-271

Метран-271 предназначен для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный

выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей.

2.4.3 Выбор датчика давления

Для измерений давления среды необходимо выбрать датчик давления. Температура среды измерения может достигать 200 °С, при его монтаже перед проточным холодильником. Диапазон измеряемого давления от 10 кПа до 30 кПа.

Выбирать датчик давления будем среди ДМП 331П, Метран-150СГ, характеристики которых представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Характеристики датчиков давления

Наименование	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Температура среды измерения	Выходной сигнал	Степень защиты	Цена, руб.
ДМП 331П	от 10 кПа до 4 МПа	0,075 %	до 300°С	(4-20) мА	IP66	от 28 000
Метран-150СГ	от 0 до 10 МПа	0,075 %	от минус 40 до 80 °С	(4-20) мА /HART	IP66	от 24 600

Под заданные характеристики подходит датчик ДМП 331П, так как температура измеряемой среды соответствует необходимой, изображение датчика приведено на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Датчик давления DMP 331P (ДМП 331П)

Датчик давления DMP 331P (ДМП 331П) предназначен для мониторинга технологических процессов путем пропорционального преобразования значения давления в электрический сигнал. Конструктивной особенностью датчика

является торцевая мембрана, позволяющая применять датчик для измерения давления в вязких субстанциях. Специальная конструкция датчика DMP 331P позволяет применять его для измерения давления в средах с температурой до 300 °С.

2.4.4 Датчик пламени

Для определения горения в печах установки необходимо выбрать оптический датчик пламени.

Датчик-реле контроля пламени предназначен для:

- индикации наличия или отсутствия пламени в горелочных устройствах всех типов;
- контроля пламени;
- формирования сигнала для автоматики защиты котла.

На текущее время рынок не имеет большого разнообразия датчиков пламени, возьмём датчик АДП-01.04, изображенный на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – АДП-01.04 датчик пламени

2.4.5 Датчик уровня

Для измерения уровня пиролизной жидкости в баке необходимо использовать датчик уровня, так как среда измерения не агрессивная, высота измерений не высока можно использовать поплавковый датчик уровня. Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Сравнительные характеристики датчиков уровня

Наименование	Температура среды	Выходной сигнал	Степень защиты	Диапазон преобразования уровня, мм	Цена, руб.
ПДУ-И	от минус 60 до 125 °С	(4...20) мА	IP65	от 250 до 4000	от 8400
ДУУ2М	от минус 55 до 75 °С	(4...20) мА, (0...20) мА	IP68	до 40000	от 30 000

Из данной таблицы, соответствует заданным характеристиками ПДУ-И, изображение которого приведено на рисунке 2.6.

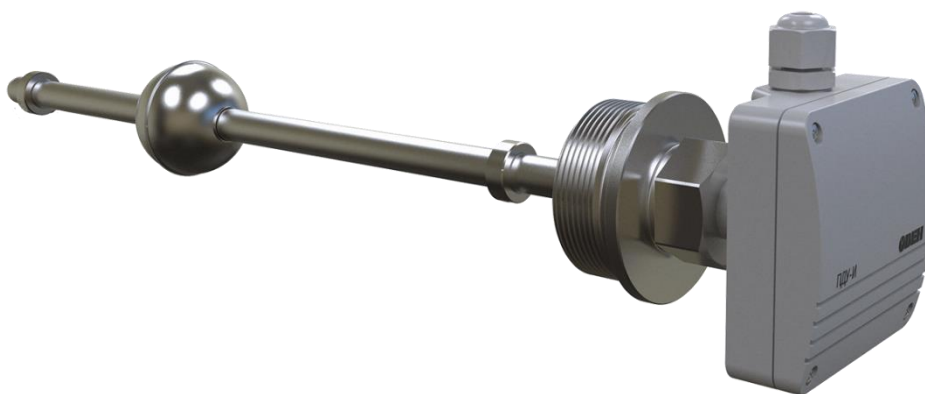


Рисунок 2.6 – Датчик уровня ПДУ-И

2.4.6 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным устройством называется устройство в системе автоматизированного управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В процессе пиролиза происходит выделение горючего газа, данный газ идёт на сжигание в целях поддержания рабочей температуры реакции, но имеет место быть наличие излишнего газа, который необходимо дожигать в резервных печах, либо других пиролизных реакторах.

Также необходимо стабилизировать уровень пиролизной жидкости в баке.

Система газопровода пиролизной установки имеет сечение трубы диаметром 20 мм. Рассмотрим в качестве исполнительного механизма клапан

стальной односедельный 25с947п ДУ-20 ход плунжера составляет 20 мм, условная пропускная способность 6,3 метров кубических в час. В данном случае в качестве электрического исполнительного механизма выступает асинхронный однофазный двигатель Regada STR-1PA с частотным преобразователем DMS-3. 25с947п ду20, который представлен на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Клапан стальной односедельный 25с947п

Привод в сборе с частотным преобразователем, представлен на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Привод Regada STR-1PA с DMS-3

2.5 Разработка схемы внешних проводок

В качестве кабеля выбран кабель контрольный в виниловой двойной изоляции, не лакированный, экранированный, не горючий. (КВВГЭнг) сечением 0,75мм. Этот кабель имеет медные токопроводящие жилы с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными.

Схема внешней проводки приведена в приложении В.

2.6 Выбор алгоритмов управления АС

При разработке данного проекта рассмотрим следующие алгоритмы:

- алгоритм сбора параметров измерения;
- алгоритм регулирования параметров;

2.6.1 Алгоритм сбора параметров

Рассмотрим алгоритм сбора данных, о состоянии измеряемого параметра, на примере канала измерения температуры в пиролизном реакторе. Алгоритм представлен в приложении Г

2.6.3 Экранные формы АС

Основополагающим принципом разработки экранной формы является её информативность, возможность оперативно влиять на технологический процесс.

Современные SCADA системы могут использовать предварительно созданный векторный макет экранных форм, исходя из данного убеждения разработаем векторный макет в среде векторного моделирования CorelDraw.

Оператор прошедший процесс авторизации имеет возможность производить навигацию на экранной форме путём нажатия на соответствующие объекты – клапаны. Общее дерево экранных форм представлено на рисунке 2.15.

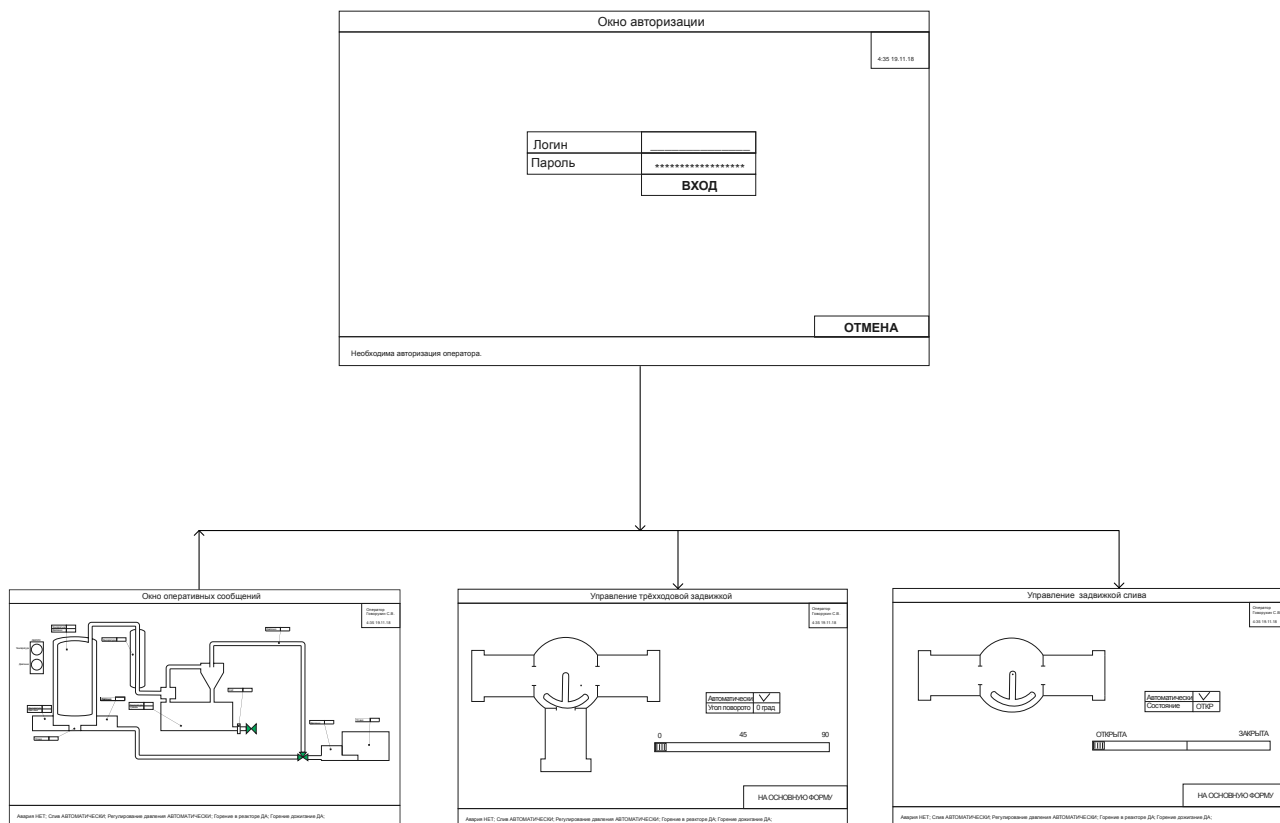


Рисунок 2.15 – Дерево экранных форм

Интерфейс основной экранной формы содержит:

- область видеокadra;
- окно сообщений;
- область отображении даты и времени.

Интерфейс основной экранной формы представлен на рисунке 2.16

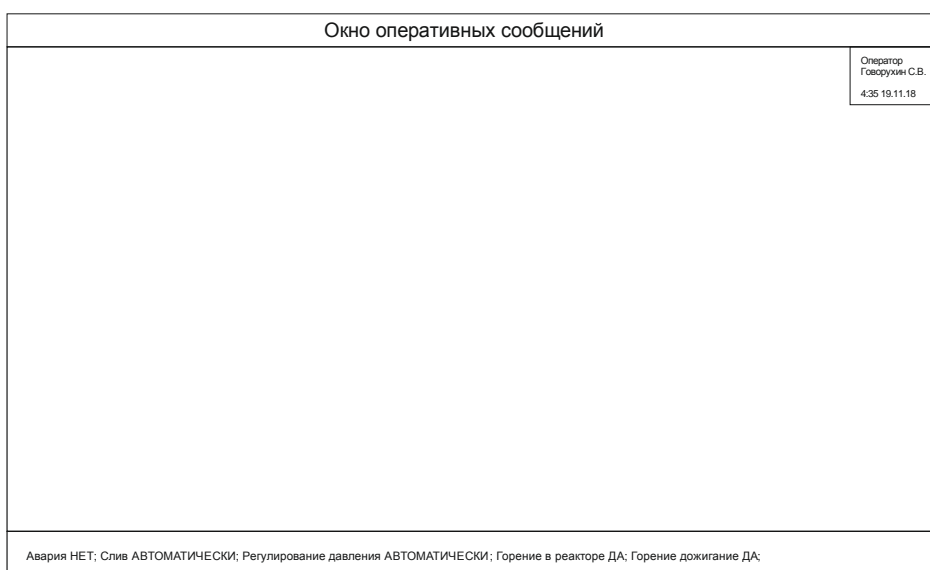


Рисунок 2.16 – Рабочее окно интерфейса оператора

Область видеокadra предназначена для контроля и управления технологическим процессом.

В области видеокadra оператора доступны следующие мнемосхем:

- система пиролизной установки, рисунок 2.17;
- система управления трёхходового клапана;
- система управления клапана слива пиролизного топлива;

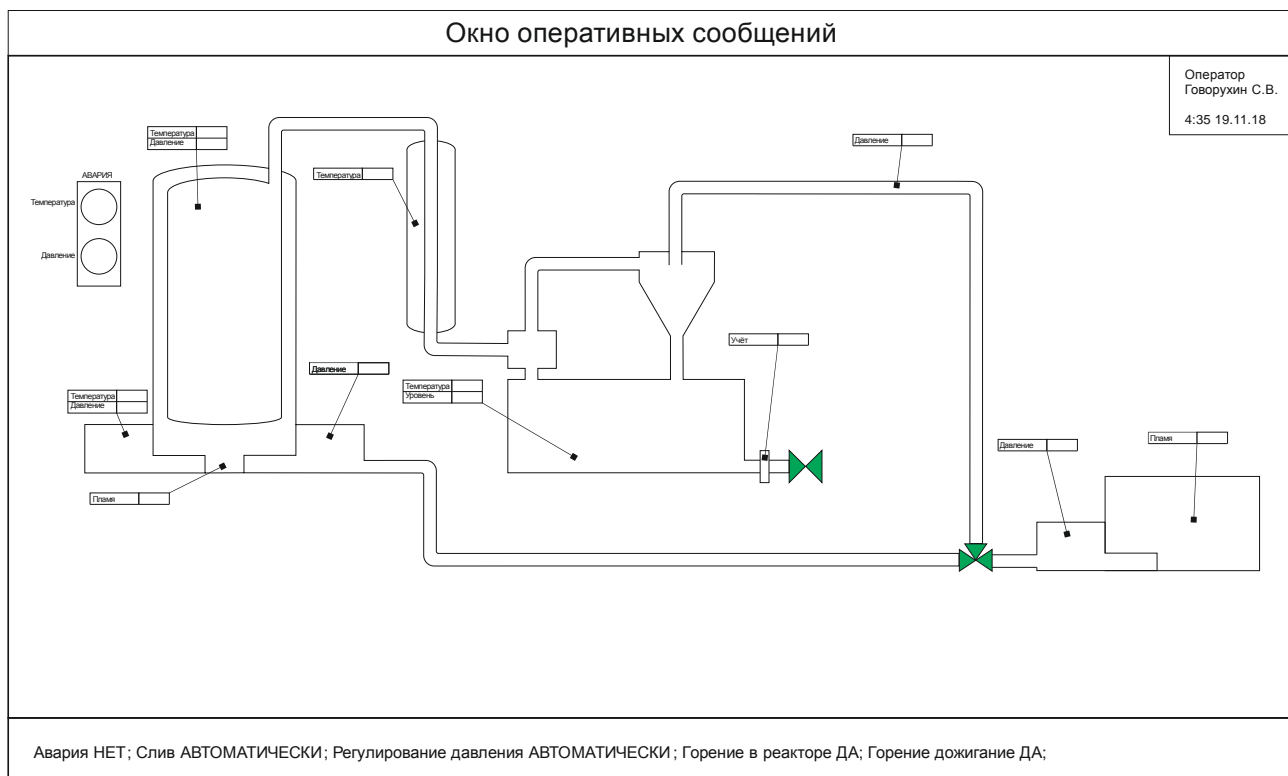


Рисунок 2.17 – Мнемосхема пиролизной установки

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

3.1 Организация и планирование работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ

Основные этапы	Номер работ	Содержание работ	Исполнитель	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	НР	НР – 100 %
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	3	Проведение патентных исследований	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	4	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	И	И – 100 %
	7	Выбор архитектуры АС	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	8	Разработка структурной схемы АС	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	И	И – 100 %
	10	Выбор средств реализации АС	И	И – 100 %

	11	Разработка схемы соединения внешних проводов	И	И – 100 %
	12	Выбор алгоритма управления АС	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
	13	Разработка экранных форм АС	НР, И	НР – 30% И – 100 %
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100 %

3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может, осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и около нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения

вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул:

$$t_{ож} = \frac{3 * t_{min} + 2 * t_{max}}{5}, \quad t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 * t_{prob} + t_{max}}{6},$$

где t_{min} - минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} - максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} - наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях $T_{РД}$ ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} * K_{Д},$$

где $K_{ВН}$ - коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} * k_{кал},$$

где $T_{КД}$ - продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

$T_{РД}$ - продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{\text{кал}}$ - календарные дни ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{ВД}}$ - выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ - праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 14$).

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,22.$$























Трудозатраты на выполнение проекта приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ чел/дн			
					$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	1	3	1,8	2,1	-	2,6	-
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	3	5	3,8	1,3	4,5	1,6	5,4
Проведение патентных исследований	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,6	0,6	1,9
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	0,6	1,6	0,2	2
Описание технологического процесса	НР, И	3	5	3,8	1,3	4,2	1,6	5,1
Разработка функциональной схемы автоматизации	И	3	5	3,8	-	4,2	-	5,1
Выбор архитектуры АС	НР, И	2	3	2,4	0,8	2,8	1	3
Разработка структурной схемы АС	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,6	0,6	1,9
Разработка схемы информационных потоков АС	И	1	3	1,8	-	2,1	-	2,6
Выбор средств реализации АС	И	1	3	1,8	-	2,1	-	2,6
Разработка схемы соединения внешних проводок	И	1	3	1,8	-	2,1	-	2,6
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	2	3	2,4	0,8	2,6	1	3,2
Разработка экранных форм АС	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,5	0,6	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	2	3	2,4	-	2,6	-	3,2
Итого:				31,4	8,4	33,7	9,8	40,6

На основе данных из таблицы 3.2 построим линейный график работ. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 3.2 приведен линейный график работ за период времени дипломированная.

Таблица 3.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Апрель		Май		
			10-20	21-30	1-10	11-20	21-31
1	2,6	-					
2	1,6						
		5,4					
3	0,6						
		1,9					
4	0,2						
		2					
5	1,6						
		5,1					
6	-	5,1					
7	1						
		3					
8	0,6						
		1,9					
9	-	2,6					
10	-	2,6					
11	-	2,6					
12	1						
		3,2					
13	0,6						
		2					
14	-	3,2					

 – И  – НР

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 3 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах от 5 до 20 % от стоимости материалов. Расчет затрат на материал приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.4 – Расчет затрат на материал

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	230	1 уп.	230
Светостойкие чернила для печати	650	1 шт.	650
Ручка	35	2 шт.	70
Карандаш	15	2 шт.	30
Итого:			980

Допустим, что транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны: $C_{\text{мат}} = 980 * 1,05 = \mathbf{1029}$ руб.

3.3.2 Расчет заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Оклад берется согласно действующей тарифной сетке работодателя. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 11.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Дневная з/плата = Месячный оклад/24,9 дней.

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 3.5. При расчете учитывалось, что в году 299 рабочих дня и, следовательно, в месяце 24,9 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе). Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{ПР} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{РК} = 0,3$ ($K = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69$).

Таблица 3.5 – Расчеты затрат на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./месс.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	47104	1891,7	8,1	1,699	26033,75
И	9489	381	33	1,62	20368,26
Итого:					46402,01

3.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 46402,01 \cdot 0,3 = \mathbf{13920,60}$ руб.

3.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3.2 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t,$$

где K_t меньше или равен 1 – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определим, что $K_t = 0,8$ для ПК и $K_t = 0,01$ для принтера.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C,$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

K_C меньше или равен 1 – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{ОБ}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, руб
Персональный компьютер	215,6	0,655	670,5
Струйный принтер	0,26	0,350	0,5
Итого:			671

3.3.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. При этом используется следующая формула:

$$C_{АМ} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D},$$

где H_A - годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ - балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_d - действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

$t_{рф}$ - фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n - число задействованных однотипных единиц оборудования.

Определим N_A для ПК, воспользуемся для этого постановлением правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» из него мы получим рамочное значение сроков амортизации (полезного использования) оборудования для ПК оно составляет от 2 до 3 лет. В нашей работе мы зададим, что срок амортизации для ПК 2 года. Тогда $N_A = \frac{1}{2} = 0,5$ так как является обратной величиной от срока амортизации.

Определим $C_{об}$. Стоимость ПК составляет 60000 рублей, ТЗР составляет 5% тогда $C_{об} = 63000$ рубля.

Определим F_d для ПК в 2019 г. Так как количество рабочих дней при шестидневной рабочей недели составляет 299 то $F_d = 299 * 8 = 2392$ часа.

Фактическое время работы оборудования возьмем из таблицы 3,2 для ПК оно равно 215,6 часа.

В данной работе применяется один ПК поэтому $n = 1$.

Тогда $C_{ам}$ для ПК равно:

$$C_{ам} = \frac{0,5 * 63000 * 215,6 * 1}{2392} = 2839,21.$$

Теперь определим $C_{ам}$ для принтера $N_A = 0,5$, $C_{об} = 16370,55$ рублей, $F_d = 2392$ час, $t_{рф} = 0,26$ час, $n = 1$, тогда:

$$C_{ам} = \frac{0,5 * 16370,55 * 0,26 * 1}{2392} = 0,89.$$

Итого начислено амортизации **2840** рубля.

3.3.6. Расчет прочих расходов

В данной статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их примем равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам.}}) * 0,1,$$

Тогда для нашего проекта $C_{\text{проч.}} = (1029 + 46402,01 + 13920,6 + 671 + 2840) * 0,1 = 6486,2$ рублей.

3.3.7. Расчет общей себестоимости разработки

В таблице 3.7 после проведения расчетов по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость нашего проекта.

Таблица 3.7

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1029
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	46402,01
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	13920,6
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	671
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам.}}$	2840
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	6486,2
Итого:		71348,81

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 71348,81$ рублей.

3.3.8. Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для

применения «сложных» методов, то прибыль примем в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем проекте она составляет 14269,76 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.3.9. Расчет НДС

Так как НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыль. То в нашем случае $\text{НДС} = (71348,81 + 14269,76) * 0,2 = 17123,71$ рублей.

3.3.10 Цена разработки НИР

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, тогда $C_{\text{нир}} = 71348,81 + 14269,76 + 17123,71 = 102742,27$ рублей.

3.4 Оценка экономической эффективности.

Источником эффективности данного проекта является уменьшение затрат заказчика на приобретение исполнительного и измерительного оборудования, а также использование ПО орс-сервера и scada-системы с открытым кодом и лицензией, что позволяет сократить затраты до 200000 рублей на их приобретение. Конкретная количественная оценка экономического эффекта, а следовательно и эффективность, не может быть дана ввиду отсутствия точных данных об объекте управления.

4. Социальная ответственность

4.1. Введение

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом низкотемпературным пиролизом установки переработки углеводородсодержащего сырья. В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность, разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду. Также дается характеристика рабочей зоны, которой является установка пиролиза, непосредственно для которой проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы при работе с устройством.

4.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Круглосуточным управлением технологическим процессом пиролиза углеводородсодержащего сырья занимаются операторы технологического оборудования. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ ТП является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

В связи с этим будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

Из-за внедрения АСУ обслуживающий персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, измерительные устройства (датчики), регулирующие клапаны и ПЛК.

При работе с вышеприведенным оборудованием человек подвергается различным воздействиям таким как:

- отклонения значений температуры и влажности от нормы;
- недостаточная освещенность;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- повышенный уровень электромагнитного излучения;
- поражение током.

4.3. Производственная безопасность.

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов воспользуемся ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды запишем в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработк	Изготовле	Эксплуата	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». [2]
2. Недостаточная освещенность	+	+	+	
3. Повышенный уровень шума		+	+	

4. Повышенный уровень вибрации		+	+	2. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». [3] 3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки». [4] 4. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека». [5] 5. СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». [6] 6. ГОСТ Р 12.1.038-82. «Электробезопасность». [7] 7. СП 4.13130.2013. «Свод правил Системы противопожарной защиты ограничение распространения пожара на объектах защиты требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям». [8]
5. Электромагнитные излучения	+	+	+	
6. Электробезопасность	+	+	+	
7. Пожар		+	+	
		+	+	

4.4. Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.4.1. Отклонение показателей микроклимата

Требования к показаниям микроклимата содержатся в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Действие факторов на организм человека:

1. Температура помещения – самый важный показатель комфортности. От температуры напрямую зависит и влажность воздуха. Низкие температуры провоцируют отдачу тепла организмом человека, тем самым снижая его защитные функции. Если в помещении установлена некачественная теплотехника, то люди будут постоянно страдать от переохлаждений, подвергаться частым простудам, инфекционным заболеваниям и т.д.

Очень высокая температура в помещении (более 27 градусов,С) влечёт за собой не меньшие проблемы. Борясь с жарой, организм выводит соль из организма. Такая ситуация также чревата снижением иммунитета, нарушением водно-солевого баланса, который регулирует работу многих систем в организме.

2. Влажность воздуха – это фактор, который в большой степени зависит от температуры. Если в помещении нет специальных увлажнителей воздуха, то чем выше температура, тем суше будет воздух. Здоровый человек, попав в помещение с сухим воздухом, почувствует дискомфорт уже через 10-15 минут. Если же человек уже простужен, он начнёт кашлять.

В меру влажный воздух (мера=40-60%) создаст комфортные условия для работ и отдыха. В зимний период он способствует укреплению иммунитета, так как не позволяет пересыхать слизистой и становится уязвимой для вирусов. В летний период при комфортной влажности легче переносить жару, поддерживать здоровое состояние кожи и пр.

3. Скорость движения воздуха – фактор микроклимата, на который многие вообще не обращают внимания. Но дело в том, что в зависимости (опять же) от температуры воздуха скорость его движения влияет на организм по-разному. Например, при температуре до 33-35 градусов скорость в 0,15 м/с комфортна, так как при этом воздух оказывает освежающий эффект. Если температура выше 35 градусов, то эффект будет обратным.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов

терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодно	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Тепло	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

4.4.2. Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов

Требования к уровню освещённости содержатся в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Характеристики зрительной работы можно охарактеризовать, как работу высокой точности, так как наименьший или эквивалентный размер объекта различения составляет от 0,3 до 0,5 мм. Фон мнемосхемы светлый, контраст большой. Искусственное освещение, при данных параметрах должно составлять не менее 400 люкс.

4.4.3. Повышенный уровень шума

Требования к уровню шума содержатся в СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на 5-12% производительность труда. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%. Согласно СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 максимально допустимый уровень шума для работ категории 1а составляет 80дБА.

Во внедряемой системе единственным источником шума являются клапана и задвижки с электроприводом. Однако создаваемый ими уровень шума значительно меньше 80дБА. Следовательно, при работе с АСУ специальные защитные средства не требуются.

4.4.4. Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека» [4].

Вибрация определяется как колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии.

При внедрении автоматизированной системы пиролизной установки вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по

предотвращению вредных воздействий от вибрации в блоке сепарации не требуется.

4.4.5. Электромагнитное излучение

Допустимые нормы электромагнитного излучения устанавливаются в СанПиН 2.2.4.3359-16. Предельно допустимый уровень электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Предельно допустимый уровень электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц - < 2 кГц	25 В/м
	2 кГц - < 400 кГц	2,5 В/м
Напряженность магнитного поля	5 Гц - < 2 кГц	250 нТл
	2 кГц - < 400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	300 МГц – 300 ГГц	10 мкВт/см ²
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе ЭВМ и оборудования АСУ ТП. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. ЖК-дисплеи формируют изображение методом, принципиально отличающимся от ЭЛТ-мониторов. Поэтому проблем рентгеновского излучения и статического заряда на поверхности экрана у них просто не существует.

4.4.6. Электробезопасность

Электробезопасность согласно ГОСТ 12.0.003-2015 относится к опасным факторам производства. Главными причинами электротравматизма являются:

- случайное прикосновение к токоведущим частям;
- появление напряжения на оборудовании вследствие повреждения изоляции;
- появление напряжения на установке, где работают люди, вследствие ошибочных действий персонала;
- удар током при освобождении человека, находящегося под напряжением.

Поражение током опасно для человека, поскольку оказывает на него многостороннее воздействие. Во всех случаях поражением током вызов врача обязателен.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1мА соответственно, для переменного тока (частота 50 Гц) - не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

Датчики и реле работают от постоянного тока под напряжением 12...36В. Для защиты от статического электричества корпуса датчиков заземляются. Также для предотвращения возникновения дуги в реле рекомендуется использовать реле дуговой защиты.

Исполнительные устройства и ПЛК вместе с дополнительным оборудованием (модули ввода/вывода, модуль связи и т.п.) питаются от промышленной сети (220В, 50Гц), что является источником повышенной опасности. Контроллерное оборудование размещается в шкафу управления и автоматики. Место, где размещается шкаф, необходимо сопроводить предупреждающими знаками «Высокое напряжение». Регулирующие клапаны должны быть заземлены.

Все токоведущие части системы должны быть изолированы. Также необходима установка УЗО для предотвращения поражения током человека.

Рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники.

Соединяющие проводники электрооборудования изготавливают из медного провода сечением 1,5 мм², покрытым изоляционным слоем лака для защиты от окисления. Кроме того, обязательно должна быть предусмотрена возможность быстрого отключения напряжения с разделительного щита.

4.4.7. Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации пиролизной установки, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим.

Для снижения вредного воздействия на окружающую среду используется «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу», по которой проводится инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разработка норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, планирование работ по снижению выбросов, проведение контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Меры по предотвращению загазованности рабочих зон:

- использования газоанализаторов по периметру трехфазного сепаратора;
- наличие звуковых и визуальных сигнализаторов, показывающих текущие значения НКПР, % по месту и на АРМе оператора, и сигнализирующих, в случае превышения НКПР метана в воздухе:
 - 10% НКПР (соответствует 0.5% объема в воздухе или ПДК метана)
- сигнализация о достижении предельного значения;

- 50% НКПР (соответствует 2.5% объема в воздухе или пятикратной ПДК) – аварийная сигнализация;
- 100% НКПР – взрывоопасная концентрация газа.

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.

Воздействия на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.

Воздействие на гидросферу не имеет значительной величины, так как контакт с источниками воды исключен, техническая вода, используемая для охлаждения конденсата, циркулирует в замкнутом контуре и технически развязана с продуктами нефтепромышленности.

Воздействие на литосферу не имеет значительных величин, установка возводится на бетонном основании и при штатной работе воздействия исключены.

4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1. Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары на предприятиях и в быту приносят значительный материальный ущерб, поэтому пожарной безопасности уделяют особое внимание.

К основным причинам пожаров на установке пиролиза можно отнести следующие:

- непредвиденная утечка природного газа, что может привести к опасной концентрации природного газа 5% ÷ 15%;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- негерметичное соединение приборов и датчиков;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории УКПГ (курение и т.п.).

Пожарная безопасность на пиролизной установке в соответствии с требованиями должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения утечки пиролизного газа;
- предотвращения образования на территории пиролизной установки горючей паровоздушной среды;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход газа, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего пиролизную установку, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

Мероприятия по предупреждению пожара:

- электрооборудование взрывозащищенного исполнения;
- напряжение для переносного электроинструмента и освещение не более 42В;
- систематическая проверка исправности заземления;

4.6. Выводы по разделу

В данном разделе выпускной квалификационной работы нами были определены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемого решения. Так же мы определились с мерами, которые необходимо реализовать при внедрении нашего проекта на производстве для предотвращения или уменьшения влияния этих выявленных нами вредных и опасных факторов.

Так же было определено, что в процессе эксплуатации пиролизной установки, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению влияния данных источников загрязнения, установленные системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала разработки математической модели контура автоматизированного контроля уровня пиролизной жидкости в буферной ёмкости установки, структурной, функциональной схемы автоматизации и схемы внешних проводок. Был изучен технологический процесс работы пиролизной установки.

Рассмотрены средства реализации, произведён сравнительный анализ датчиков. Разработан алгоритм сбора данных с датчика температуры реактора.

В заключительной части данного проекта были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы установки.

Таким образом, спроектированная САУ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям.

Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Черных И.В. «Simulink: Инструмент моделирования динамических систем» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php>
3. ПЛК Siemens S7-300 [электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>
4. Датчик температуры Метран-271 [электронный ресурс] Режим доступа: http://pribor-sk.ru/katalog_oborudovaniya/temperatura/preobrazovateli_temperatury_izmeritelnye/metran-271_metran-274_metran-276/
5. Датчик давления ДМП 331П [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.indelta.ru/kip/datchiki-davleniya/bdsensors-dd/datchik-davleniya-s-torcevoy-membranoy-dlya-monitoringa-tehnologicheskikh-processov-bdsensors-dmp-331p~a113960.html>
6. Датчик пламени АДП-01.04 [электронный ресурс] Режим доступа: http://www.kb-agava.ru/kontrolno_izmeritelnye_pribory/datchik_plameni_adp_01
7. Датчик уровня ПДУ-И [электронный ресурс] Режим доступа: https://www.owen.ru/product/poplavkovie_datchiki_urovnya_pdu_i
8. Клапан стальной односедельный 25с947п [электронный ресурс] Режим доступа: <http://saz-avangard.ru/catalog/klapany-reg/odnosedelniy-chugunniy-eim/25s947p/d20/>
9. Привод Regada STR-1PA с DMS-3 [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.regada.sk/ru/eshop/product/242/elektroprivod-prjamochodyj-str-1pa/>
10. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные факторы. Классификация».

11. РТМ 108.711.02-79 «Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики».
12. ГОСТ 21.208-2013 «Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
13. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
14. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».
15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».
16. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека».
17. СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
18. ГОСТ Р 12.1.038-82. «Электробезопасность».
19. СП 4.13130.2013. «Свод правил Системы противопожарной защиты ограничение распространения пожара на объектах защиты требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

Приложение А

(обязательно)

Техническое задание
на разработку АСУ ТП
пиролизной установки

Назначения и цели создания АСУ ТП

Основными целями создания АСУ ТП пиролизной установки переработки углеводородсодержащих отходов являются:

- точное выполнение требований технологического регламента, исключение ошибочных действий персонала;
- улучшение условий труда эксплуатационного персонала за счет удобного представления оперативной информации;
- повышение безопасности технологических процессов;

Основными задачами создания АСУ ТП пиролизной установки переработки углеводородсодержащих отходов являются:

- измерение показаний датчиков технологического процесса;
- анализ полученных данных, его сравнение с заданным отклонением параметров, при необходимости, формирование управляющих и аварийных сигналов;
- визуализация параметров в мнемосхемах, для удобного представления оперативной информации, архивирование и хранение данных;

Назначение и состав ПУ переработки углеводородсодержащих отходов

Пиролизная установка (ПУ) переработки углеводородсодержащих отходов является универсальным технологическим объектом, на котором происходит утилизация отходов производств химической и нефтедобывающей промышленности.

Основное назначение ПУ состоит в том, чтобы под действием температуры и отсутствием избытка кислорода утилизировать отходы и

получить жидкие фракции углеводородов и углеродистый остаток (технический углерод).

В состав ПУ входят:

- пиролизный реактор;
- масляные горелки;
- система дожигания пиролизного газа в топке реактора;
- проточный холодильник;
- газосепаратор циклонного типа;
- буферная емкость;
- система АСУ ТП.

Требования к автоматике ПУ

Система автоматики должна обеспечивать следующее:

- 1) автоматическое измерение параметров:
 - определение наличия пламени в печи пиролизного реактора;
 - температура в реакторе;
 - давление несконденсированного газа перед холодильником;
 - температура теплоносителя в проточном холодильнике;
 - температура пиролизной жидкости в буферной ёмкости;
 - уровень пиролизной жидкости в буферной ёмкости;
 - давление газа на выходе из газосепаратора;
 - давление газа на газовой горелке;
- 2) управление клапанами с АРМ оператора;
- 3) индикацию:
 - измеряемых и расчётных параметров на дисплее АРМ оператора;
 - аварийных ситуаций на мнемосхеме;
- 4) сигнализацию:
 - предупредительную верхнего и нижнего уровня пиролизной жидкости в буферной ёмкости;
 - предупредительную верхнего уровня давления в реакторе;

- предупредительную верхнего уровня температуры в реакторе;
- предупредительную верхнего уровня давления газа на выходе из газосепаратора;

5) сравнение измеренных значений технологических параметров с заданными значениями и формирование сигналов управления, а также предупредительной и аварийной сигнализации;

6) отображение хода технологического процесса в виде мнемосхем, формирование лога событий и архивирование данных.

Системой предусматривается возможность вмешательства оператора в ход технологического процесса путем подачи команд с рабочего места.

Требования к метрологическому обеспечению

Основная относительная погрешность датчиков температуры, давления и расхода не должна превышать указанных в ГОСТ Р 8.595-2004.

Необходимо производить вычисления в международной системе единиц СИ.

Требования к техническому обеспечению

Оборудование может быть установлено как на открытых площадках, так и внутри технологических цехов. Установка, находящаяся на открытых площадках, должна быть устойчива к воздействию температур от минус 20 °С до плюс 50 °С и влажности не менее 80 % при температуре 35 °С.

Программно-технический комплекс АС должен иметь возможность наращивания, усовершенствования и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода-вывода не менее 20%.

Детали датчиков, которые контактируют со средами должны быть изготовлены из материалов устойчивым к окислениям и растворениям. Так как на производстве присутствуют горючие газы, ГЖ и ЛВЖ, то необходимо выбирать датчики с искро и взрывозащитой приемлемого уровня.

Степень защиты от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков рекомендуется выбирать по следующим параметрам:

- 1) время наработки до отказа не менее 100 тысяч часов;
- 2) срок службы не менее 10 лет.

Контроллеры должны обладать модульной структурой, для возможности модернизации и наращивания.

Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя:

- основную операционную систему;
- комплекс инструментального программного обеспечения;
- общее прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение должно отвечать требованиям по своему составу, области применения, способам, использования в системе математических методов и моделей, типовых алгоритмов.

Требования к информационному обеспечению

Состав, структура и способы организации данных в системе должны быть определены на этапе технического проектирования.

Уровень хранения данных в системе должен быть построен на основе современных реляционных или объектно-реляционных СУБД. Для обеспечения целостности данных должны использоваться встроенные механизмы СУБД.

Средства СУБД, а также средства используемых операционных систем должны обеспечивать документирование и протоколирование обрабатываемой в системе информации.

Структура базы данных должна поддерживать кодирование хранимой и обрабатываемой информации в соответствии с общероссийскими классификаторами (там, где они применимы).

Доступ к данным должен быть предоставлен только авторизованным пользователям с учетом их служебных полномочий, а также с учетом категории запрашиваемой информации.

Структура базы данных должна быть организована рациональным способом, исключающим единовременную полную выгрузку информации, содержащейся в базе данных системы.

Технические средства, обеспечивающие хранение информации, должны использовать современные технологии, позволяющие обеспечить повышенную надежность хранения данных и оперативную замену оборудования (распределенная избыточная запись/считывание данных; зеркалирование; независимые дисковые массивы; кластеризация).

В состав системы должна входить специализированная подсистема резервного копирования и восстановления данных.

При проектировании и развертывании системы необходимо рассмотреть возможность использования накопленной информации из уже функционирующих информационных систем.

Требования по безопасности

Пиролизная установка обязана отвечать требованиям противопожарной безопасности, требованиям охраны труда. На объекте необходимо присутствие первичных средств пожаротушения.

(обязательное)

[illegible]

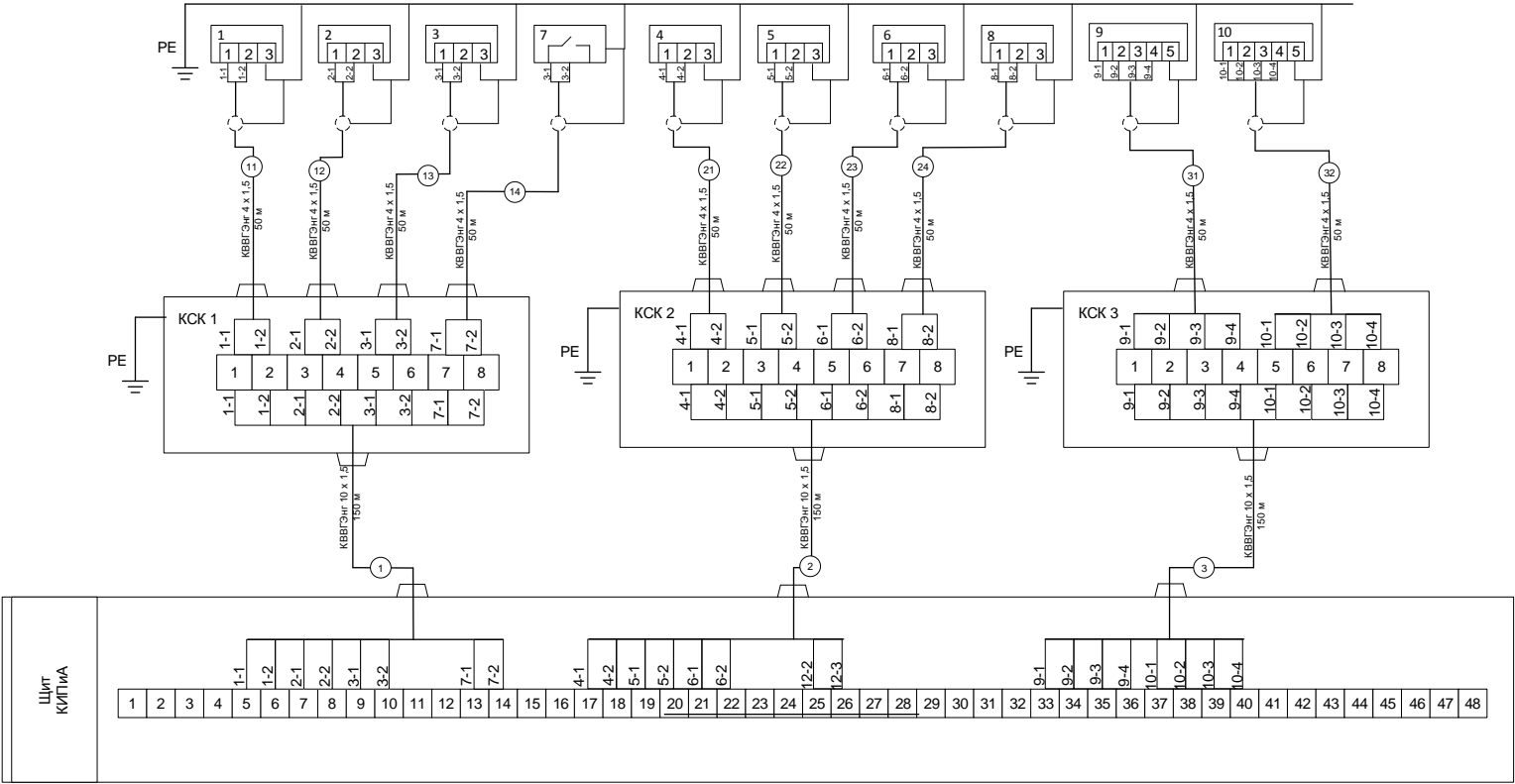
Шкаф блоков	
Операционный щит	
OPC\SCADA	

Приложение В

(обязательное)

Схема внешних проводов

Наименование параметра	Температура			Давление			Пламя	Уровень	Частотный преобразователь	
Место установки	Реторта реактора	Проточный конденсатор (вода)	Буферная емкость - 2	Газопровод до конденсатора	После газосепаратора	Перед газовой горелкой	Печь реактора	В буферной емкости	Клапан регулирования давления горелки	Клапан регулирования уровня
Тип устройства	ТХАУ Метран-271	TSM Метран - 253	TSM Метран - 253	ДМП331П	Метран-55 ДИ 515-к-МП	Метран-55 ДИ 515-к-МП	АДП-01.4	ЛМК-858	DMS3	DMS3
Индекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Приложение Г

(обязательное)

Алгоритм сбора данных

